

ВОДНЫЙ РЕЖИМ ОКСКОЙ ПОЙМЫ В УСЛОВИЯХ ИЗМЕНЕНИЯ КЛИМАТА КАК ФАКТОР ОГРАНИЧЕНИЯ ПРИРОДОПОЛЬЗОВАНИЯ

К.Н. Дьяконов¹, П.И. Пыленок², Т.И. Харитонов³

^{1,3} Московский государственный университет имени М.В. Ломоносова, географический факультет,
кафедра физической географии и ландшафтоведения

² Мещерский филиал ФГБНУ «ФНЦ ВНИИГиМ имени А.Н. Костякова»

¹ Зав. кафедрой, чл.-корр. РАН, проф.; e-mail: diakonov.geofak@mail.ru

² Гл. науч. сотр., д-р тех. наук, доц.; e-mail: petr.pylenok@yandex.ru

³ Доц., канд. геогр. наук; e-mail: kharito@geogr.msu.ru

На основе многолетних исследований водного режима Окской поймы и ее левого притока р. Пры обобщены данные по максимальным уровням воды в половодье в створе г. Рязани. На основе имеющегося ряда наблюдений выявлена тенденция снижения уровня с 1945 по 2010 г. В годы максимальных весенних половодий подпор вод р. Пры от р. Оки достигает расстояния более 160 км. Впервые в 1997 г. пойма Оки не была залита водой. Установлено повышение средних годовых температур воздуха с середины 1970-х гг. Снижение уровня половодья связано также с увеличением водозабора и ростом потребности воды в Москве и других крупных городах, а также с высокой долей потерь воды ЖКХ, составляющей более 20%. Охарактеризованы последствия изменения водного режима ландшафтов, прилегающих к среднему течению и низовью Пры и Оки, понижения уровня воды в колодцах в сельских поселениях, роста пожароопасности (пример – 2010 г.). Установлено, что в годы высокого половодья фитопродуктивность потенциальных пастбищ и сенокосов в бассейне р. Пры (Вожская мелиоративная геотехническая система) на 28,2% выше, чем в годы низкого весеннего половодья, число которых возрастает. Дан перечень взаимосвязанных социально-экономических проблем, обусловленных потеплением климата и изменением водного режима. В результате потепления климата наблюдается изменение гидрометеорологических параметров в европейской части России, в частности в Рязанской области, которое отражается на гидрологическом режиме р. Оки, приводит к осуходоливанию пойменных агроландшафтов и вызывает ограничения природопользования водными, земельными и рекреационными ресурсами. В мелиоративной отрасли можно ожидать уменьшения потребности в осушении и снижении параметров дренажа (нормы осушения, междренные расстояния) при одновременном возрастании потребности в орошении и увеличении параметров оросительных систем (оросительные нормы, объемы водозабора и др.). Действия климатических и антропогенных факторов вызвали ограничения условий и объемов природопользования в таких сферах, как водопользование, речное судоходство, рекреация и речной туризм. Для их восстановления требуются существенные инвестиции.

Ключевые слова: водный режим поймы, метеорологические факторы, природопользование, техногенные факторы, фитопродуктивность

DOI: 10.55959/MSU0579-9414.5.79.5.14

ВВЕДЕНИЕ

Изменение структуры типов природопользования после распада Советского Союза, в особенности сельскохозяйственных, ярко проявилось в Нечерноземной зоне Российской Федерации. Как следствие, претерпели изменения важные экологические и производственные функции природно-антропогенных ландшафтов [Пыленок, 1982; Харитонов, 2013; Дьяконов, Харитонов, 2017; Мерекалова и др., 2023]. Объект многолетних стационарных исследований – Вожская осушительная система, с 1986 г. – осушительно-увлажнительная. Исследования проводились по программе СЭВ с 1976 г. Мещерским филиалом Всесоюзного инсти-

тута гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова и географическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова. Вожская гидротехническая система, по терминологии А.Ю. Ретеюма, разорванная относительно самостоятельная, выступает частью ландшафтно-гидрологической мегасистемы в Центральной (озерной) Мещере. Она образована рекой Пра и ее притоками. Общая площадь бассейна составляет 5520 км². Замыкающей подсистемой выступает пойма реки Оки от пос. Солотча до Рязани. Вклад р. Пры в сток р. Оки в пределах Рязанской области составляет 14%.

В советский период в пределах указанной ландшафтно-гидрологической мегасистемы структура

природопользования определялась тремя основными ее типами – сельскохозяйственным, базирующимся во многом на осушительной мелиорации, лесохозяйственным и садово-усадебным, а также тремя второстепенными – рыбохозяйственным, охотничьим и рекреационным. Каждый из перечисленных типов природопользования имел свою региональную специфику [Дьяконов, Харитонов, 2013].

Между тем нельзя не учитывать и возрастающую роль другого фактора – изменения климата, которое проявляется в интенсивности половодья. Весеннее половодье на Оке наступает на две недели раньше, чем на Пре и ее притоках. Весеннее половодье Оки вызывает подпор стока Пры в отдельные годы до 160 км, что отражается на начале вегетационного периода на малых и средних водосборах всего бассейна. Наиболее значимым аналогом по масштабу процесса подпора двух рек можно считать весеннее половодье в низовьях р. Иртыш, воды которой в районе впадения в Обь в апреле устремляются вверх по течению вплоть до г. Сургута [Вендров и др., 1967].

Трансформация стока Оки происходит под действием изменения гидроклиматических условий, прежде всего роста температур зимнего периода, сезонного перераспределения атмосферных осадков, связанного с циклонической деятельностью атмосферы и др. В этих условиях отмечается снижение стока весеннего половодья и одновременно возрастание от 28 до 36% расхода летне-осенней межени. Наиболее интенсивное изменение происходит со стоком зимней межени, связанное с повышением зимней температуры воздуха и снеготаянием. [Барабанова, Самохин, 2016; Гречушников и др., 2017; Исмаилов, Муращенкова, 2019; Varentsova et al., 2021]. Менее изученным остается вопрос влияния отмеченных изменений на условия природопользования и продуктивность пойменных и террасных ландшафтов, а также оценка техногенных факторов на гидрологию речных экосистем.

Цель статьи – выявить роль водного режима в биопродуктивности пойменных ландшафтов и определить возможность экстраполяции установленных закономерностей на Вожскую мелиоративную систему в период как ее сельскохозяйственного использования, так и в постмелиоративный период (с 1992 г.).

Задачи исследования:

- охарактеризовать тенденции изменения климата в регионе;
- установить закономерности изменения режима весенних половодий и водного режима пойменного агроландшафта в связи с изменением климата во взаимодействии с антропогенными факторами;
- установить вклад метеорологических факторов в биопродуктивность пойменных лугов; лугов и лесов в районе Вожской системы;

– охарактеризовать перечень взаимосвязанных социально-экономических последствий, обусловленных потеплением климата и изменением водного режима земель.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

Методической основой исследовательских работ выступают мониторинг и системный анализ природно-мелиоративных условий и гидрологического режима бассейна р. Оки и климатических факторов с использованием открытых данных гидрометслужбы, а также проведение длительных натурных исследований почвенно-гидрологических условий в 1990–2022 гг., изложенных в работах [Айдаров и др., 1990; Беркович и др., 2015; Доклад..., 2019; Дьяконов, Харитонов, 2013; Куркин, 1972; Новосельцев и др., 2002; Пыленок, 1982; Пыленок, Сидоров, 2004; Сперанская, 1990]. Использованы также традиционные дендрохронологические методы исследования [Бочкарев, Дьяконов, 2009; Cook, 1985; Cook et al., 1990]. Фитопродуктивность болот и лугов измерялась в поле. Бралась четыре укоса надземной части травяной растительности на площади 1 м². Продуктивность определена в воздушно-сухом весе.

По данным Росгидромета в конце XX – начале XXI в. наблюдается изменение температурного режима в сторону потепления [Доклад..., 2019]. Скорость роста среднегодовой температуры в России составляет 0,42°C за каждые десять лет. Растет теплообеспеченность сельскохозяйственных культур в результате увеличения скорости роста суммы активных температур, составляющей 87°C/10 лет [Доклад..., 2019]. Сумма годовых осадков за 1976–2018 гг. в целом по России также увеличивается со скоростью 2,2% каждые 10 лет. В то же время в июне в европейской части страны наблюдается дефицит атмосферных осадков. Климатическая годовая норма атмосферных осадков по данным Рязанского центра по гидрометеорологии и мониторингу окружающей среды составляет 575 мм (табл. 1), что на 20 мм больше по сравнению с данными за 1961–1990 гг. (на основе анализа данных гидрометеостаций). Небольшое увеличение осадков в июле – сентябре вероятно связано с ростом температуры воздуха и испарения. При этом отмечается снижение нормы за холодные месяцы ноябрь – февраль, а также за май – июнь, что может быть одной из причин нарушения режима половодий на реках Нечерноземной зоны.

В этих условиях представляет актуальность оценка изменения водного режима р. Оки – главной водной артерии центра Нечерноземной зоны России и ее пойменных агроландшафтов, что может вызывать определенные изменения и ограничения в

условиях ведения сельского хозяйства и природопользования в целом [Беркович и др., 2015; Маслов, Пыленок, 2019; Научно-прикладной справочник, 2015].

Гидрологический режим р. Оки относится к восточноевропейскому типу с преимущественно снеговым питанием, высоким весенним половодьем, низкой летней и зимней меженью. Среднегодовой сток, формирующийся на территории Рязанской области, составляет 4,2 км³. Средний многолетний расход воды на входе в область составляет 460 м³/с, на выходе – 650 м³/с [Кривцов, Водорезов, 2008]. Средняя продолжительность половодья составляет от

30 до 45 сут. Максимальный среднесуточный расход за последние 70 лет менялся по длине участка от 2500 до 4600 м³/с. В целом с середины 1930-х гг. происходит постепенное снижение водности реки, в основном за счет уменьшения максимальных расходов. При этом минимальные расходы возрастают, что объясняется увеличением доли подземного питания [Беркович и др., 2015; Кривцов, Водорезов, 2006; Научно-прикладной справочник..., 2015]. Используются данные о координатах, уровнях воды, высотных отметках нуля водомерных постов (ВП) на реке Оке и ее левом притоке – Пре.

Таблица 1

Климатические нормы атмосферных осадков и температуры воздуха по метеостанциям Рязань и Черусти [Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1990]

Месяц	Температура воздуха, °С		Норма осадков, мм	
	Рязань	Черусти	Рязань	Черусти
Январь	–10,3	–11,1	36	39
Февраль	–9,7	–10,2	28	32
Март	–4,0	–4,4	26	34
Апрель	6,2	4,7	36	39
Май	13,7	12,3	47	55
Июнь	17,6	16,3	61	60
Июль	19,1	18,3	86	82
Август	17,6	15,9	59	67
Сентябрь	11,9	10,9	54	62
Октябрь	5,0	4,2	51	56
Ноябрь	–2	–1,7	48	48
Декабрь	–6,6	–7,7	43	46
Год	4,9	4,0	575	620

Кроме информации о водомерных постах использованы также данные об уровне воды на постах Рязань, Касимов, Деулино, Борисово из общедоступных источников [AllRivers, 2023]. Расстояния между постами определялось путем линейного спрямления на Яндекс-карте и измерения расстояний с помощью инструмента «Линейка и планиметр».

В результате установлены расстояния между водомерными постами:

- Рязань – Копаново – 182 км, Копаново – устье реки Пры – 33 км;
- устье р. Пры – Деулино – 101 км, Деулино – Борисово – 55 км.

На участке Рязань – устье р. Пры, по данным за последние четыре года в межень (август – сентябрь) гидравлический уклон составил около 0,035‰. В половодье при достижении критических уровней воды в Рязани (около 550 см) подъем в Копаново со-

ставил 234 см, а гидравлический уклон в Оке возрос до 0,055‰.

Река Пра имеет больший гидравлический уклон, чем Ока, что в общем видно из отметок водомерных постов и расстояний между постами. На участке Деулино – устье Пры в межень гидравлический уклон составляет 0,167‰, в половодье уклон уменьшается до 0,14‰, что говорит о подпоре Пры со стороны Оки в половодье.

В силу того что половодье в Оке при впадении в нее Пры по данным водомерного поста (ВП) Копаново (расположен выше впадении Пры на 33 км) длится 38 сут. (со 2 апреля по 10 мая), это создает подпор воды в р. Пре. В Деулино подъем до критических отметок происходит на 10 суток позже и длится до 20 мая. В районе ВП Борисово критический подъем наступает на 15 сут. позже, чем в Оке, и на 5 сут. позже, чем в Деулино. Следовательно,

подпор воды в Пре продолжается в створе Деулино около 10 сут., а в створе Борисово – еще плюс около 5 сут.

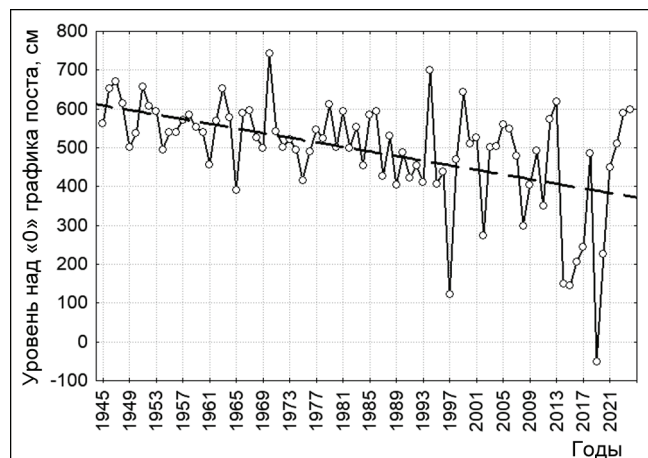


Рис. Максимальные уровни воды в половодье на р. Оке у г. Рязани за 1945–2024 гг.

Fig. Maximum flood water levels on the Oka River near the town of Ryazan during 1945–2024

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

В связи с начавшимся потеплением климата произошли изменения гидрологического режима р. Оки в сторону уменьшения ее водности, прежде всего за половодье и в меженный летний период. В то время как истории больше известны сведения об огромных наводнениях на Оке в 1612, 1625, 1646, 1666, 1700, 1788, 1849, 1877, 1888, 1908, 1926 и 1931 гг. [Маслов, Пыленок, 2019]. В ходе выполняемого нами мониторинга было установлено, что, начиная с середины 1970-х гг., обозначилась четко выраженная тенденция понижающего тренда высоты (и амплитуды) половодий, что можно видеть на рисунке. Это хорошо коррелирует с ростом температур, начавшимся примерно в этот же период.

В конце XX в. впервые за всю историю наблюдения весеннее половодье на крупном притоке Волги – реке Оке в 1997 г. было таким низким, что разлива и затопления поймы не произошло. Это явление в последующем из уникального стало периодическим и повторилось в 2002 и 2008 гг. Более того, четыре года подряд (2014–2017) были с низким уровнем весеннего половодья без затопления поймы. В 2018 г. во время половодья уровень воды в Оке у г. Рязани был ниже среднего значения, затопление коснулось только участков поймы низкого и частично среднего уровня. Весной 2019 г., несмотря на большие влагозапасы в снежном покрове, составившие 110–140 мм, вода не вышла из русла и пой-

ма не затоплялась. Исключением стали половодья 2023 и 2024 гг., с пиками 6 и 10 апреля и максимальным подъемом уровня воды 590 и 598 см над нулем ВП г. Рязани. Следует констатировать, что из-за нарушения весенней влагозарядки поймы Оки и При происходит снижение продуктивности пойменных агроландшафтов, для компенсации которой требуется дополнительное увлажнение и корректировка мелиоративных режимов на действующих осушительно-оросительных системах, приуроченных к аллювиальным почвам. В экспериментальных исследованиях в годы низких половодий Оки из-за уменьшения весенней влагозарядки почвы требовалось проводить дополнительный полив нормой не менее 20 мм в фазу от всходов до бутонизации картофеля. При этом в эти годы в мае, по данным метеостанции Рязань, осадки были близки к многолетней норме, равной 40 мм.

Уникальные по продолжительности и площади лесоторфяные пожары в центре России 2010 г. при экстремальной летней жаре вызвали региональное понижение уровня грунтовых вод, обмеление рек и колодцев, которое в полном объеме не восстановилось до нынешних дней [Маслов, Пыленок, 2019]. Пойма, не затопленная весенним половодьем и покрытая нескошенными остатками прошлогодней травы, создает благоприятные условия для весенних палов, которые угрожают лесам и населенным пунктам.

Свой вклад в понижение уровней воды вносит также хозяйственная деятельность в бассейне реки Оки, включающая рост водозабора в связи ростом населения г. Москвы. Для этих целей создано и эксплуатируется пять водохранилищ питьевого назначения. Общий забор для хозяйственно-питьевых нужд в начале XXI в. составил около 6 км³. В 2010 и 2019 гг. в Рязани наблюдались серьезные проблемы с питьевым водоснабжением в связи с обмелением р. Оки. Поступали многочисленные жалобы жителей на неудовлетворительное качество воды, подаваемой из Оки, по причине повышенной мутности и «рыбного запаха». В связи с обмелением реки несут убытки речные грузоперевозки и туристическая отрасль Москвы и Рязани.

Нельзя не отметить и другие техногенные факторы, с которыми связан своеобразный «синергетический эффект», обусловленный совместным действием разных видов природопользования, такие как массовая распашка пойменных лугов в послевоенный период для целей кормопроизводства и овощеводства. Так, осенью 1961 г. в Рязанской области была произведена зяблевая вспашка на площади свыше 30 тыс. га плодородных пойменных земель [Куркин, 1972], которые полностью использовались как пашня до 1993 г. Велась добыча аллювиальных

материалов из русла реки для обеспечения развития строительства в Москве и других городах бассейна р. Оки. В результате извлечения более 90 млн м³ песка и гравия за период с начала 1950 г. до начала 1980 г. отметки дна русла и водной поверхности на участке от Калуги до Рязани понизились на 0,5–2,1 м. Антропогенное понижение уровней происходило на фоне увеличения минимальных расходов воды, особенно заметного с 1970-х гг. [Беркович и др., 2015]. Для поддержания минимальных уровней воды для целей судоходства на Оке было построено несколько гидроузлов, среди которых Белоомутский и Кузьминский.

В итоге совместная роль климатических и антропогенных факторов привела к возрастанию риска осуходоливания поймы р. Оки, проявляющегося в уменьшении или полном отсутствии паводковой влагозарядки аллювиальных почв, что при совместном действии дефицита атмосферных осадков в мае – июне приводило к снижению уровня влагозапасов в корнеобитаемом слое почвы ниже оптимальных значений и недобору урожая.

По данным натурных исследований К.А. Куркина, отсутствие или непродолжительное весеннее половодье приводило к недобору урожая по результатам двух укосов на 2,0–2,7 т/га сена, даже несмотря на достаточное количество летних атмосферных осадков. По нашим данным в связи с аридизацией климата и осуходоливанием поймы р. Оки возникает необходимость дополнительного увлажнения раннего картофеля не только во влаготребуемые фазы бутонизации и цветения, но и в межфазный период от всходов до бутонизации. По существу, приходится дополнительным поливом компенсировать отсутствие весенней влагозарядки почв.

Таким образом, осуходоливание поймы р. Оки под действием аридизации климата и антропогенных факторов приводит к изменению условий природопользования.

Рязанская часть поймы Оки и территория ландшафтно-гидрологической мегасистемы р. Пры находятся в одном синоптическом регионе. Об этом свидетельствуют данные по средним месячным температурам воздуха и атмосферным осадкам (станция Черусти). Последняя расположена по прямой всего в 28 км от Вожской системы (левый приток Пры) и является репрезентативной. Различия в месячных характеристиках температуры воздуха за период апрель – сентябрь лежат в диапазоне 0,8–1,7°C, а средние квадратические отклонения за те же месяцы равны 2,4–1,8°C [Справочник по климату СССР, 1976]. Коэффициент вариации осадков по тем же месяцам равен 0,6, что значительно больше их месячных разностей [Швер, 1976].

На Вожской мелиоративной системе ведутся исследования с 1977 г. до настоящего времени. Определяется фитопродуктивность разных по увлажнению лугов и болот. При использовании дендрохронологических методов была получена информация по радиальному приросту сосен и елей за последние 90–95 лет. Наши данные по продуктивности репрезентативны для бассейна р. Пры, о чем можно судить по разности температур между станциями Черусти и Рязань, которая меньше средних квадратических отклонений длинного ряда наблюдений (1881–1985) [Научно-прикладной справочник по климату СССР, 1990].

В пределах бывшей мелиоративной системы и на прилегающей к ней территории годовая продуктивность лесов в целом синхронна [Харитонов, 2013]. Более сложная картина наблюдается в синхронности продуктивности пойменных лугов и лугов разного гипсометрического уровня (с разной глубиной почвенных и грунтовых вод) в районе Вожской системы. Для поддержания развития животноводства важнейшее значение, как известно, имеет кормовая база. Фитопродуктивность лугов – потенциальная база для сенокосов и пастбищ. Используя данные многолетних измерений 1977–2010 гг. надземной фитомассы лугов разного типа в аномальные годы по увлажнению за период апрель – июнь, мы выявили значения атмосферных осадков в аномальные годы. Взяты самые высокие уровни половодий (1979–2005 гг. – всего пять лет) и самые низкие (1984–2009 гг. – шесть лет). Сумма средних месячных температур воздуха и осадков дана за эти же годы. Из многолетнего ряда весеннего половодья было отобрано шесть лет с очень высоким его уровнем и очень низким. Для выбранных лет по данным наблюдений метеостанции Черусти была подсчитана сумма средних месячных температур и осадки с апреля по июнь. Также данные по средней высоте половодий в аномальные годы (табл. 2). Разница в термическом режиме оказалась сравнительно небольшой – 1,9°C (5,5%), а разница в сумме осадков – более 14%.

Выбор лугов низкого и среднего уровней обусловлен режимом увлажнения. Низинные луга относятся к местообитаниям с избыточным увлажнением весной; уровень почвенно-грунтовых вод летом 50–60 см. В составе травостоя – щучка дернистая, лапчатка прямостоячая, полевика тонкая. Луга среднего уровня – местообитания с нормальным режимом увлажнения в течение всего вегетационного периода. Уровень почвенно-грунтовых вод в летний период от 75 до 105 см. В травостое господствует с высоким участием полевика собачья, а также лапчатка прямостоячая, осока черная, подмаренник топяной; появляются душистый колосок,

белоус торчащий и другое мезотравье. Специфика лугов среднего уровня – высокая изменчивость обилия видов в зависимости от степени увлажнения. Почвы дерново-подзолисто-глеевые песчаные и супесчаные на водно-ледниковых песках.

Можно констатировать следующее: из-за нарушения весенней влагозарядки поймы Оки и Пры происходит снижение продуктивности пойменных агроландшафтов, для компенсации которой требуется дополнительное увлажнение и корректировка мелиоративных режимов на действующих ороси-

тельно-обводнительных системах, приуроченных к аллювиальным почвам. Обмеление р. Оки ограничило возможности судоходства, вызвало упадок речных грузоперевозок и речного туризма. Существенно осложнилось питьевое водоснабжение г. Рязани с полумиллионным населением, для нормализации которого потребуются дополнительные капитальные вложения в реконструкцию водозаборов и строительство дополнительных артезианских скважин. Конечно, это предмет специального рассмотрения в рамках территориального планирования.

Таблица 2

Фитопродуктивность лугов (потенциальных сенокосов и пастбищ) в годы аномально высоких и низких уровней половодий

Уровень половодья, год	Средняя высота уровня в половодье над «0» графика поста, см	Сумма средней месячной температуры в апреле – июне, за период °С	Осадки апрель – июнь, мм за период	Продукция лугов, ц/га	
				низкого уровня	среднего уровня
Высокий: 1979, 1981, 1994, 1999, 2005	617	34,8	134	26,8	23,2
Низкий: 1984, 1995, 1997, 2008, 2009	349	36,7	117	26,4	18,1

ВЫВОДЫ

В результате потепления климата наблюдается изменение гидрометеорологических параметров в европейской части России и в частности в Рязанской области, которое отражается на гидрологическом режиме крупного притока Волги – р. Оки. Четко прослеживается тренд снижения уровня реки в весеннее половодье и возрастание расходов зимней межени, что приводит к осухождению пойменных агроландшафтов и вызывает ограничения сельскохозяйственного природопользования, в связи с чем необходимо проведение влагозарядки почвы, в первую очередь под овощные культуры в начальный период вегетации. Наблюдается снижение речных грузоперевозок и речного туризма.

Сложившиеся условия требуют внесения изменений в технологии природопользования. В мелиоративной отрасли можно ожидать уменьшения потребности в осушении и снижении параметров дренажа (нормы осушения, междренные расстояния) при одновременном возрастании потребности в орошении и увеличении параметров оросительных систем (оросительные нормы, объемы водозабора и др.). При отсутствии половодья ороситель-

ная норма за счет более раннего полива возрастает на 20 мм и более.

Суходольная пойма, покрытая прошлогодними растительными остатками, в годы низких половодий или их отсутствия, повышает риски весенних пожаров не только на пойме, но и на сопредельных территориях и требует превентивных мероприятий.

Действия и последствия климатических и антропогенных факторов, с учетом роста хозяйственно-питьевого водозабора, углублением русла при добыче речного песка, распахке пойменных лугов, вызвали ограничения условий и объемов природопользования в указанных выше сферах. Для их восстановления потребуются существенные инвестиции, для обоснования которых необходимы совместные исследования гидрологов, гидротехников, ландшафтоведов, экономико-географов и социологов. Опыт подобных исследований есть. Это изучение влияния осушительных систем в Мещерской низменности в 1976–1985 гг. в рамках программы СЭВ, проводимое совместно Мещерским филиалом Института гидротехники и мелиорации имени А.Н. Костякова и географическим факультетом МГУ имени М.В. Ломоносова.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- Айдаров И.П., Голованов А.И., Никольский Ю.Н. Оптимизация мелиоративных режимов орошаемых и осушаемых сельскохозяйственных земель. М.: Агропромиздат, 1990. 60 с.
- Барабанова Т.С., Самохин М.А. Генетические факторы формирования уровней воды в среднем течении реки Оки и их изменение за многолетний период // Экология речных бассейнов: тр. 8-й Междунар. научно-практ. конф. / под общ. ред. проф. Т.А. Трифионовой. Владимир: Аркаим, 2016. С. 19–24.
- Беркович К.М., Злотина Л.В., Турыкин Л.А. Руслевые процессы и использование природных ресурсов реки (на примере Оки) // География и природные ресурсы. 2015. № 1. С. 98–104.
- Бочкарев Ю.Н., Дьяконов К.Н. Дендрохронологическая индикация функционирования ландшафтов на северной и верхней границах леса // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2009. № 2. С. 37–50.
- Вендров С.Л., Глух И.С., Малик Л.К. К вопросу о влагообороте и водном режиме Западно-Сибирской равнины // Известия АН СССР. Сер. Географическая. 1967. № 1. С. 41–51.
- Водорезов А.В., Кривцов В.А. Внутренние воды // Природа Рязанской области. Рязань, 2008. С. 151–205.
- Гречушников М.Г., Самохин М.А., Эдельштейн К.К. Техногенный потенциал регулирования стока рек России // Водное хозяйство России: проблемы, технологии, управление. 2017. № 4. С. 18–34.
- Доклад об особенностях климата на территории Российской Федерации за 2018 год. М.: Росгидромет, 2019. 79 с.
- Дьяконов К.Н., Харитонова Т.И. Изменения структуры типов природопользования и их экологические последствия (на примере Озерной Мещеры) // Рациональное природопользование: традиции и инновации: материалы Международной научно-практ. конф. М., 2013. С. 137–140.
- Дьяконов К.Н., Харитонова Т.И. Оценка ландшафтных функций осушенных земель Мещерской низменности // Известия РАН. Сер. Географическая. 2017. № 5. С. 57–71. DOI: 10.7868/S037324441705005X.
- Кривцов В.А., Водорезов А.В. Особенности строения и формирования рельефа на территории Рязанской области. Рязань: Ряз. гос. ун-т им. С.А. Есенина. 2006. 279 с.
- Куркин К.А. Мелиоративная типизация земель Приокской поймы, пути их первичного освоения и сельскохозяйственного использования // Осушение и освоение земель. М.: Московский рабочий, 1972. С. 195–219.
- Исмаилов Г.Х., Муращенкова Н.В. Анализ и оценка поверхностных водных ресурсов бассейна реки Оки // Природообустройство. 2019. № 5. С. 85–89.
- Маслов Б.С., Пыленок П.И. Болото и пиар природных стихий. 2-е изд., перераб. и доп. М.: ФГБНУ ВНИИ-ГиМ им. А.Н. Костякова, 2019. 76 с.
- Мерекалова К.А., Харитонова Т.И., Сандлерский Р.Б. и др. Изменение экосистемных функций и их взаимоотношений при развитии постмелиоративного ландшафта Мещерской низменности // Феномен ландшафтно-географического исследования: сборник статей / отв. ред. Д.В. Черных. Новосибирск: Сиб. отделение РАН, 2023. С. 30–41. DOI: 10.53954/9785604788929_30.
- Новосельцев В.Н., Бесфамильный И.Б., Кизяев Б.М. и др. Техногенное загрязнение речных экосистем. М.: Научный мир, 2002. 140 с.
- Научно-прикладной справочник по климату СССР. Серия № 3. Многолетние данные. Ч. 1–6. Вып. 8: Москва и Московская область. Л.: Гидрометеиздат, 1990. 256 с.
- Пыленок П.И. Влияние осушения на водный режим прилегающих земель // Гидротехника и мелиорация. 1982. № 11. С. 47–49.
- Пыленок П.И., Сидоров И.В. Природоохранные мелиоративные режимы и технологии. М.: Россельхозакадемия, 2004. 323 с.
- Сперанская Е.С. Влияние осушения на луговые комплексы (на примере Мещерской низменности) // Географические проблемы осушительных мелиораций. М., 1990. С. 54–77.
- Справочник по климату СССР. Устойчивость и точность климатических характеристик. Т. 1: Солнечное сияние и температура воздуха и почвы. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 388 с.
- Харитонова Т.И. Реакция продуктивности ландшафтов Мещеры на смену типов природопользования // Вестн. Моск. ун-та. Сер. 5. Геогр. 2013. № 5. С. 67–74.
- Швер Ц.А. Атмосферные осадки на территории СССР. Л.: Гидрометеиздат, 1976. 302 с.
- Cook E.R. A time series analysis approach to tree-ring standardization, Ph.D. Dissertation, Tucson, AZ, Arizona Univ. Press, 1985.
- Cook E.R., Briffa K.R., Shiyatov S. et al. Tree-ring standardization and growth-trend estimation, *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*, Dordrecht, Kluwer Academic Publ., 1990, p. 104–123.
- Varentsova N.A., Nikiforov D.A., Trotsenko E.N. et al. The Oka river – current conditions and runoff calculation, *4th International Conference on the Status and Future of the Worlds Large Rivers*, Moscow, 2021, p. 521.
- Электронные ресурсы**
- Научно-прикладной справочник: Основные гидрологические характеристики рек бассейна Верхней Волги / под ред. В.Ю. Георгиевского. Ливны: Издатель Мухаметов Г.В., 2015. URL: <http://old2.hydrology.ru/sites/default/files/Books/verhvolga.pdf?ysclid=lyil91g5sx918651294> (дата обращения 21.04.2023).
- AllRivers. Уровень воды онлайн. URL: <https://allrivers.info/gauge/pru-deulino?ysclid=luqk76k8y3961730217> (дата обращения 21.04.2023).

Поступила в редакцию 22.03.2024

После доработки 05.04.2024

Принята к публикации 24.04.2024

WATER REGIME OF THE OKA RIVER FLOODPLAIN UNDER CLIMATE CHANGE AS A FACTOR LIMITING NATURE MANAGEMENT

K.N. Diakonov¹, P.I. Pylenok², T.I. Kharitonova³

^{1,3} Lomonosov Moscow State University, Faculty of Geography, Department of Physical Geography and Landscape Science

² Meschera branch of the A.N. Kostyakov Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Melioration

¹ Head of the Department, Corresponding Member of RAS, Professor; e-mail: diakonov.geofak@mail.ru

² Chief Scientific Researcher, Associate Professor, D.Sc. in Engineering; e-mail: petr.pylenok@yandex.ru

³ Associate Professor, Ph.D. in Geography; e-mail: kharito@geogr.msu.ru

Based on the long-term studies of water regime of the Oka River floodplain and its left tributary, the Pra River, the data on maximum water levels during the floods at the Ryazan gauging station have been summarized. According to the series of observations a downward trend in the maximum water level from 1945 to 2010 was revealed. During the years of maximum spring floods, backing of the Pra River by the Oka River waters reaches a distance of more than 160 km upstream. In 1997 the Oka floodplain was for the first time not flooded with water. An increase in average annual air temperatures has been established since the mid-1970s. The decrease in flood levels could be also attributed to the increase in water withdrawal and water consumption in Moscow and other large cities, as well as high water losses in housing and communal services, amounting to more than 20%. The effects of changes in the water regime of landscapes adjacent to the middle and lower reaches of the Pra and Oka rivers, such as decreasing water level in wells in the rural settlements, or increasing fire danger (example – 2010), are described. It was found that in the years of high floods the productivity of potential pastures and hayfields in the Pra River basin (Vozhskaya drainage system) is 28,2% higher than in the years of low spring floods, and the number of the latter is on the rise. A list of interrelated socio-economic problems caused by climate warming and changes in water regime is given. As a result of climate warming, the European part of Russia, in particular the Ryazan region, is experiencing a change in hydrometeorological parameters that affects the hydrological regime of the Oka River, leads to the drying out of floodplain agricultural landscapes and constrains the use of natural resources. In the reclamation sphere, one can expect lower need for drainage and the decrease in such drainage parameters as the drainage rates and inter-drain distances, with simultaneously increasing need for irrigation and an increase in the parameters of irrigation systems, such as irrigation rates, water intake volumes, etc. Both climatic and anthropogenic factors have limited the conditions and the scope of nature management in such spheres as water use, river navigation, recreation and river tourism. Their restoration will require significant investments.

Keywords: water regime of the floodplain, meteorological factors, nature management, technogenic factors, phytoproductivity

REFERENCES

- Aidarov I.P., Golovanov A.I., Nikolsky Yu.N. *Optimizatsiya meliorativnykh rezhimov oroshayemykh i osushayemykh sel'skokhozyaystvennykh zemel'* [Optimization of reclamation regimes of irrigated and drained agricultural lands], Moscow, Agropromizdat, 1990, 60 p. (In Russian)
- Barabanova T.S. Samokhin M.A. [Genetic factors of water level formation in the middle reaches of the Oka River and their changes over a long period], *Ekologiya rechnykh basseynov*, Tr. 8-y Mezhdunarodnoy nauchno-prakticheskoy konferentsii [Ecology of river basins: Proceedings of the 8th International scientific and practical conference], prof. T.A. Trifonova (ed.), Vladimir, Arkaim Publ., 2016, p. 19–24. (In Russian)
- Berkovich K.M., Zlotina L.V., Turykin L.A. Ruslovyye protsessy i ispol'zovaniye prirodnkh resursov reki (na primere Oki) [Channel processes and use of natural resources of a river (examplified by the Oka)], *Geography and Natural Resources*, 2015, no. 1, p. 98–104. (In Russian)
- Bochkarev Yu.N., Dyakonov K.N. Dendrokronologicheskaya indikatsiya funktsionirovaniya landshaftov na severnoy i verkhney granitsakh lesa [Dendrochronological indication of landscape functioning at the northern limit of forests and the mountain timber line], *Lomonosov Geography Journal*, 2009, no. 2, p. 37–50. (In Russian)
- Cook E.R. *A time series analysis approach to tree-ring standardization*, Ph.D. Dissertation, Tucson, AZ, Arizona Univ. Press, 1985.
- Cook E.R., Briffa K.R., Shiyatov S., Mazepa V. Tree-ring standardization and growth-trend estimation, *Methods of Dendrochronology: Applications in the Environmental Sciences*, Dordrecht, Kluwer Academic Publishers, 1990, p. 104–123.
- Doklad ob osobennostyakh klimata na territorii Rossiyskoy Federatsii za 2018 god* [Report on climate features in the Russian Federation for 2018], Moscow, Roshydromet, 2019, 79 p. (In Russian)
- Dyakonov K.N., Kharitonova T.I. [Changes in the structure of types of environmental management and their environmental consequences (case study of Oзерная Meshchera)], *Ratsional'noye prirodopol'zovaniye: traditsii i innovatsii* [Nature management: traditions and innovations], Materials of the international scientific and practical conference, M.V. Slipenchuk (ed.), Moscow, 2013, p. 137–140. (In Russian)

- Dyakonov K.N., Kharitonova T.I. Otsenka landshaftnykh funktsiy osushennykh zemel' Meshcherskoy nizmennosti [Assessment of landscape functions of drained lands of the Meshchera Lowland], *Izv. RAS, Ser. Geographical*, 2017, no. 5, p. 57–71, DOI 10.7868/S037324441705005X. (In Russian)
- Grechushnikova M.G., Samokhin M.A., Edelshteyn K.K. Tekhnogennyy potentsial regulirovaniya stoka rek Rossii [Technogenic potential for regulating the flow of Russian rivers], *Vodnoye khozyaystvo Rossii: problemy, tekhnologii, upravleniye*, 2017, no. 4, p. 18–34. (In Russian)
- Ismailov G.Kh., Murashchenkova N.V. Analiz i otsenka poverkhnostnykh vodnykh resursov basseyna reki Oki [Analysis and assessment of surface water resources of the Oka River basin], *Prirodoobustroystvo*, 2019, no. 5, p. 85–89. (In Russian)
- Kharitonova T.I. Reaktsiya produktivnosti landshaftov Meshchery na smenu tipov prirodogopol'zovaniya [Response of the productivity of Meshchera landscapes to the changes in nature management types], *Lomonosov Geography Journal*, 2013, no. 5, p. 67–74. (In Russian)
- Krivtsov V.A., Vodorezov A.V. Osobennosti stroyeniya i formirovaniya rel'yefa na territorii Ryazanskoy oblasti [Specific features of the structure and formation of the relief within the territory of the Ryazan region], Ryazan, Ryazan State University named after S.A. Yesenina press, 2006, 279 p. (In Russian)
- Kurkin K.A. [Reclamation typification of lands of the Priokskaya floodplain, ways of their primary development and agricultural use], *Osushenie i osvoenie zemel' [Drainage and development of lands]*, Moscow, Moskovskiy rabochiy, 1972, p. 195–219. (In Russian)
- Maslov B.S., Pylenok P.I. *Boloto i piar prirodnnykh stikhiy* [Wetland and PR of natural forces], 2nd ed., Moscow, A.N. Kostyakov Federal Research Center for Hydraulic Engineering and Melioration Publ., 2019, 76 p. (In Russian)
- Merekalova K.A., Kharitonova T.I., Sandler'sky R.B., Dyakonov K.N. [Changes in ecosystem functions and their relationships during the evolution of the post-reclamation landscape of the Meshchera Lowland], *Fenomen landshaftno-geograficheskogo issledovaniya* [Phenomenon of landscape-geographical research], Collection of articles D.V. Chernykh (ed.), Novosibirsk, Sibirskoye otdeleniye Rossiyskoy akademii nauk Publ., 2023, p. 30–41, DOI: 10.53954/9785604788929_30. (In Russian)
- Nauchno-prikladnoy spravochnik po klimatu SSSR, Seriya no. 3, Mnogoletniye dannyye* [Scientific and applied reference book on the climate of the USSR, Series no. 3, Long-term data], vol. 1–6, iss. 8, Moscow and Moscow region, Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1990, 256 p. (In Russian)
- Novosel'tsev V.N., Besfamil'ny I.B., Kizyaev B.M. et al. *Tekhnogennoye zagryazneniye rechnykh ekosistem* [Technogenic pollution of river ecosystems], Moscow, Scientific World Publ. House, 2002, 140 p. (In Russian)
- Pylenok P.I. Vliyaniye osusheniya na vodnyy rezhim prilagayushchikh zemel' [The influence of drainage on the water regime of adjacent lands], *Gidrotekhnika i melioratsiya*, 1982, no. 11, p. 47–49. (In Russian)
- Pylenok P.I., Sidorov I.V. *Prirodookhrannyye meliorativnyye rezhimy i tekhnologii* [Environmental reclamation regimes and technologies], Moscow, Russian Agricultural Academy Publ., 2004, 323 p. (In Russian)
- Shver Ts.A. *Atmosfernyye osadki na territorii SSSR* [Atmospheric precipitation on the territory of the USSR], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1976, 302 p. (In Russian)
- Speranskaya E.S. [The influence of drainage on meadow complexes (case study of the Meshchera Lowland)], *Geograficheskiye problemy osushitel'nykh melioratsiy* [Geographical problems of drainage amelioration], Moscow, 1990, p. 54–77. (In Russian)
- Spravochnik po klimatu SSSR. Ustoychivost' i tochnost' klimaticheskikh kharakteristik* [Handbook on the climate of the USSR. Stability and accuracy of climatic characteristics], vol. 1, Solnechnoye siyaniye i temperatura vozdukha i pochvy [Sunshine and air and soil temperature], Leningrad, Gidrometeoizdat Publ., 1975 p. (In Russian)
- Varentsova N.A., Nikiforov D. A., Trotsenko E. N. et. al. The Oka river – current conditions and runoff calculation, *4th International Conference on the Status and Future of the World's Large Rivers*, Moscow, 2021, p. 521.
- Vendrov S.L., Glukh I.S., Malik L.K. K voprosu o vlagoobroto i vodnom rezhime Zapadno-Sibirskoy ravniny [On the issue of moisture circulation and water regime of the West Siberian Plain], *Izvestiya Akademii Nauk, Seriya geograficheskaya*, 1967, no. 1, p. 41–51. (In Russian)
- Vodorezov A.V., Krivtsov V.A. [Inland waters], *Priroda Ryazanskoy oblasti* [The nature of Ryazan region], Ryazan', 2008, p. 151–205. (In Russian)
- Web sources*
- Nauchno-prikladnoy spravochnik: Osnovnyye gidrologicheskiye kharakteristiki rek basseyna Verkhney Volgi* [Scientific and applied reference book: Basic hydrological characteristics of rivers within the Upper Volga basin], V.Yu. Georgievsky (ed.), Livny, G.V. Mukhametov Publ., 2015, URL: <http://old2.hydrology.ru/sites/default/files/Books/verhvolga.pdf?ysclid=lyil91g5sx918651294> (date of access 21.04.2023). (In Russian)
- AllRivers. Water level online, URL: <https://allrivers.info/gauge/pa-deulino?ysclid=luqk76k8y3961730217> (date of access 21.04.2023).

Received 22.03.2024

Revised 05.04.2024

Accepted 26.06.2024